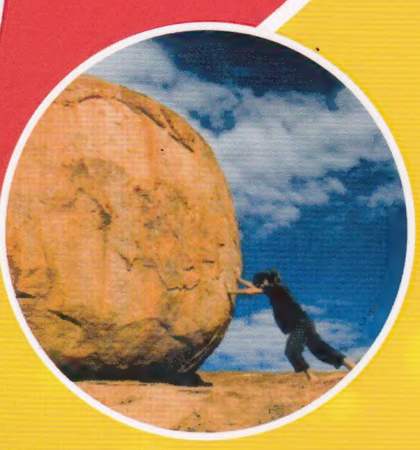
I Want To Know About

FORCE AND MOTION

أريد أن أعرف عن القوّة والحركة







قرص هدية

Learning

المحتويات
Contents

1- المقـدمة........ 3

2- ما هي القـــوّة؟........ 4

3- قـوّة الجاذبـيّة........ 6

4- قـــوّة الاحـــتكاك........ 9

5- التسارُع وشدّة المجال المغناطيسي........ 11

6- المغناطيس الكهربائي والقوّة المرنة........ 14

7- الحركـة الدائريــة المــوحَّدة........ 17

8- قوانين نيوتن للحركة........ 20

9- القوّة المحـافِظة........ 23

10- قوّتا الجاذبيّة المركزيّة والطَّرد المركزي........ 25

11- الحركة الخـطّيّة........ 27

12- القــوّة الدافِعة........ 29



Copyright to

DIGITAL FUTURE

المستقبل الرقمي

www.digital-future.ca

Riyadh, Tel: 966-1-4623049

Beirut, Tel: 961-1-856656

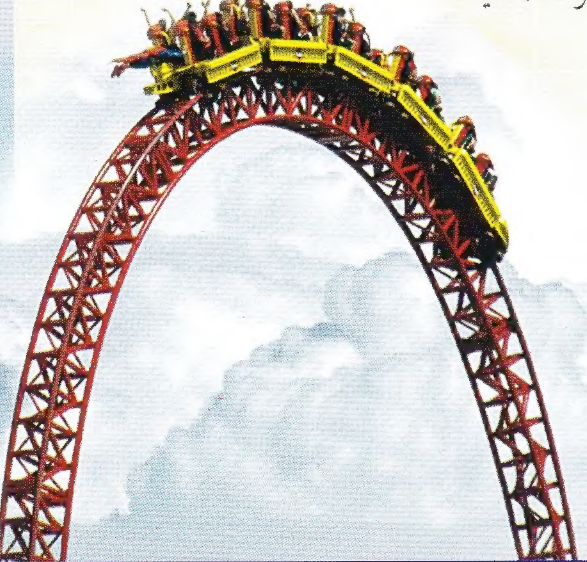
Printed in China

مقدمة
Introduction

يُعدّ مفهوما القوة والحركة من أكثر المفاهيم الفيزيائية أهمية، فبدون القوى لا يحدث شيء في الكون، وبدون الحركة يؤول الكون إلى العدم. والقوة والحركة مبدآن مترابطان في علم الحركيّات (الديناميكا)، وهو العلم الذي يدرس حركة الأجسام بتأثير القوى التي تتعرض لها.

ورغم أن الفلاسفة الإغريق عرفوا الكثير من علم السكونيات «الاستاتيكا»، فإن أسرار الحركة ظلّت مجهولةً لديهم، فقد كانوا يدركون أن القوة التي تطلق السهم من القوس مثلاً تحرّكه بنفس الحركة التي يتحرك بها المحراث نتيجة قوّة جرّ الثور، لكنهم لم يجدوا تعليلاً لاستمرار انطلاق السهم في الهواء دون دافع ظاهر يحركه.

وظلّ الأمر كذلك حتى القرن السابع عشر الميلادي الذي شهد اختراع رقّاص الساعة (البندول) على يد العالم الإيطالي غاليليو غاليليي، تلاه ابتكار العالم البريطاني إسحاق نيوتن لقوانين الحركة التي شكلت الأساس لعلم الحركيات، فضلاً عن اكتشافه لقوة الجاذبية التي تحكم حركة الأشياء على سطح الأرض.



من هنا، يحتوي هذا الكتاب الذي بين أيدينا على مجموعة من الحقائق والمعلومات المتعلّقة بمبادئ القوة والحركة وأهم القوانين التي تنظم هذه المبادئ، آملين أن يكون كتابنا هذا مفيداً لكل من يقرؤه.

ما هي القوّة؟
What is force?


تمارس القاطرة نوعاً من القوة تجاه القطار، فهي إما تَسْحَبه أو تدفعه.

لا تتوقّف أنواعٌ متعدّدةٌ من القُوَى عن العمل ليلاً نهاراً في كل أرجاء هذا الكون الفسيح، ويُمكن أن تتنوّع هذه القوة بين أكثر من نوع، منها ما هو قويٌّ جدّاً كقوّة سَحْب بعض النجوم لكوكب معيَّن، ومنها ما هو ضعيفٌ جدًّا كقوّة سَحب نواة إلى إلكْترون. وبلُغَة سهلة بسيطة، يمكن القول أنّ القوّة هي قوة دفعٍ أو قوة جذب، أما من الناحية الفنية، فالقوّة هي أيّة قـوة يُمكنُها تسريع الأشـياء، ويمكن تعريف القـوة أيضاً بـأنها وصف كَمِّي للتفاعل بين جسمين فيزيائيين كالجسم والبيئة المحيطة به، حيث أنها تتناسب مع القدرة على تسريع الأشياء. وقد قام السير إسحاق نيوتن في البداية بتعريف مفهوم القوة من خلال قوانينه الثلاثة للحركة، فعرَّف الجاذبية بأنها «قوةٌ جاذبةٌ بين جسمين لكلٍّ منهما مادة، وعندما ندفع أو نجذب أي جسمٍ، فإنّنا نُمارسُ نوعاً ما من القوة تجاه هذا الجسم». ويُمكِن أن تقوم بعض الجمادات بممارسة هذه القـوة، كما هو الحال مع الهواء المضغوط الموضوع في حاوية، فإنه يمارس نفس القوة على جدران هذه الحاوية. ومن الممكن أن تُشكِّل القوةُ حركةَ الجسم أو تُعيد تشكيله في شكل غير الذي كان عليه من قبل.

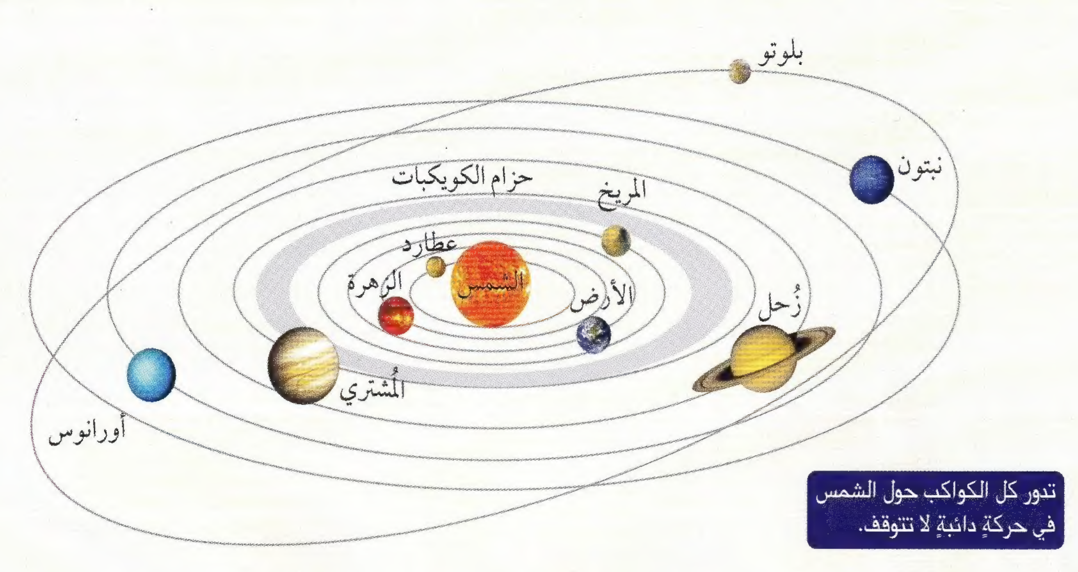
عالِم

يُعدُّ السِّير إسحـاق نيوتن (1642م-1727م) أعظم علماء الفيزياء على مرِّ العصور. وُلدَ إسحـــاق نيوتن في مدينة «وولثروب» بالقـــرب من غرانثام في لينكولنشاير في إنجلترا، وقام بتعريف قوانين الحركة والجاذبية الأرضية، التي اكتشَفَها واحـــداً تلو الآخَر على امتداد فترات من الزمان، والتي وضَّحتْ بدقة حركةَ النجوم وحركةَ الكواكب حول الشـمس، فيما عُرف بعد ذلك بالنظام الشمسي. وباستخدام اكتشافاته في مجال علم البصريات، استطاع نيوتن أنْ يقوم ببناء أول تِلِسكوب عاكس عَرِفَتْه البشرية في تاريخها حتى ذلك الوقت.

السير إسحاق نيوتن

الحركة

تُعدّ الحركة إحدى أهم المفاهيم في علم الفيزياء، فكلّ شيء في هذا الكون لا يكُفُّ عن الحركة، وربما تكون هذه الحركة أوكَمُّ هذه الحركة صغيراً للغاية، أو بطيئاً جدًّا، ولكن في النهاية، نجدها موجودة وتَحدُث، فعلى سبيل المثال: تدور الأرض والكواكب الأخرى حول الشمس، كما أنّ الشمس هي الأخرى بدَوْرها تدور حول مجرَّتِنا، فلا تتوقف الحركة أبداً.



تدور كل الكواكب حول الشمس في حركةٍ دائبةٍ لا تتوقف.

والحركة هي عِلْمٌ منَ العلوم يُطلِق عليه علماءُ الفيزياء: «علمَ الميكانيكا». وقد تمكَّنَ العلماء على مرِّ السنين، من اكتشاف العديد من القواعد والقوانين التي تُوضح طبيعة الحركة، وأيضاً أسباب التغيُّر في هذه الحركة.

قوانين نيوتن

كان السير إسحاق نيوتن أول عالِمِ فيزياء يشرح القوانين الأساسية لحركة الأجسام، حيث قام بوضع ثلاثة مبادئ رئيسة في هذا الخصوص:

القانون الأول: يظل الجسم ساكناً أو يستمرّ في الحركة في خطٍّ مستقيمٍ وبسرعةٍ ثابتةٍ، إذا لم تكن هناك قوةٌ غير متوازنةٍ، تُمارَس عليه.

القانون الثاني: إنَّ القوة غير المتوازنة التي تُمارَس على الجسم أو تُوجَّه إليه، ستؤدّي إلى تسريع حركة الجسم في اتجاه القوة، وبتسارع عكسيّ مُتناسِب مع كتلة الجسم.

القانون الثالث: لكل فعلٍ رَدُّ فعل مُساوٍ له في القوة، ومضادٌّ له في الاتجاه.

قوّة الجاذبيّة
Force of Gravity


تمارس الأرضُ الجاذبيّة الأرضيّة على الأجسام الواقعة في حيّزها.

قوة الجاذبية هي القوة التي يُمارسها مجال الجاذبية لأيِّ جسمٍ كبيرٍ نحو أيِّ جسمٍ آخر يقع في نطاق سطح هذه الكتلة الكبيرة. وهذه القوة تعتمد بشكلٍ أساسي على ثلاثة عوامل هي: كتلة الجسم الأكبر، ثم كتلة الجسم الأصغر، ثم المسافة الفاصلة بين الاثنين، والتي يتمُّ قياسها بين المراكز الهندسية لكلٍّ منهما، كما أنّ هذه القوة هي التي تمكِّن الشمسَ والقمرَ أو أيًّا من الأجسام الهائلة من جذب الأجسام الأخرى نحوها. وتتأثر كل الأجسام التي على سطح الكرة الأرضية بقوة الجاذبية الأرضية، والتي تَجذب كل الأشياء باتجاه الأرض، وتحديداً نحو مركز الأرض.

وتتساوى قوة الجاذبية على سطح الأرض دائماً مع وزن الأشياء، وقد تمَّ التوصّل إلى ذلك من خلال المعادلة التالية:

قوة الجاذبية = الكتلة (m) × **الجاذبية** (g). وعند فَكِّ رموز المعادلة يتضح لنا أنَّ g، التي تشير إلى الجاذبية تساوي 9.8 من الكتلة، التي يُشار إليها بالرمز m على الأرض. و الجدير بالذكر أيضاً، أنّ الكتلة تُقاس بالكيلو غرام، بينما تُقاس قوة الجاذبية دائماً حسب المسافة الواقعة بين جسمين، ويُمكن أنْ نحسب قوة الجاذبية بين أي جسمين باستخدام المعادلة التالية:

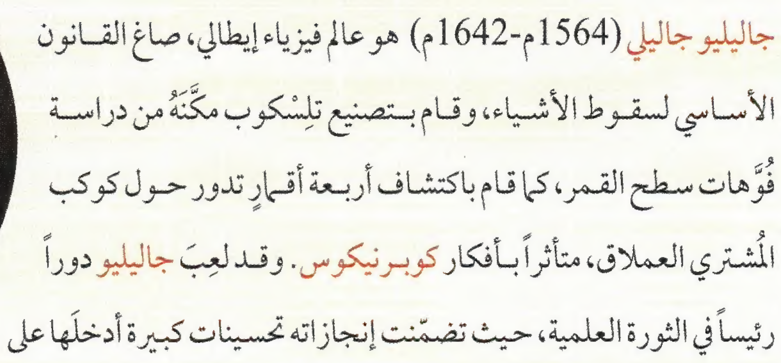
$$Fg = G (m1\times m2)/r2$$


تساعد قوةُ الجاذبية الكواكبَ على البقاء في الدوران حول الشمس.

حيث تشير Fg إلى القوة الناتجة عن الجاذبية (قوة الجاذبية)، في حين أنَّ G تشير إلى الجاذبية الأرضية الثابتة، وتشير m1 إلى كتلة الجسم الأول، بينما تشير m2 إلى كتلة الجسم الثاني. أمّا الرمز r، فيُشير إلى المسافة الواقعة بين مركزَي الجسمين، وذلك عند استخدام وحدات القياس الدولية، لتصبح المعادلة على الشكل التالي:

$$G=6.67x10-11Nm2/Kg2$$

عالِم



جاليليو جاليلي (1564م-1642م) هو عالم فيزياء إيطالي، صاغ القانون الأساسي لسقوط الأشياء، وقام بتصنيع تِلِسْكوب مكّنَهُ من دراسة فُوّهات سطح القمر، كما قام باكتشاف أربعة أقمارٍ تدور حول كوكب المُشتري العملاق، متأثراً بأفكار كوبرنيكوس. وقد لعِبَ جاليليو دوراً رئيساً في الثورة العلمية، حيث تضمّنت إنجازاته تحسينات كبيرة أدخلَها على التلسكوب، والعديد من الملاحظات المتعلقة بعلْم الفلك، ما دفعَ العلماء أن يطلقوا عليه اسمَ: الأب الروحي لعلْم الملاحظات الفلكيّة الحديث، كما أطلقوا عليه أيضاً: أبا الفيزياء الحديثة. وقد أحدثت إسهاماتُه في قانون سقوط الأشياء والمسارات المنحنية للقطع المكافئ بدايةَ تَغيُّر جذريّ في دراسة علْم الحركة.

جاليليو جاليلي

هل تعلم؟

- على الرغم من أنَّ جاذبية الأرض للقمر أعلى من جاذبية القمر للأرض، فإنّ جاذبية القمر تؤثّر على الأرض، حيث تُعدّ العامل الرئيس الذي يُسبّب موجات المدِّ والجَزْر في المحيطات.
- يزداد طول روّاد الفضاء بضعة سنتِمترات عندما يكونون في الفضاء بسبب انعدام وجود قوة الجاذبية التي تجذبهم إلى أسفل، ولكنهم ينكمشون إلى أطوالهم الحقيقية بعد رجوعهم إلى الأرض.
- يقوم روّاد الفضاء بدراسة تأثير انعدام الوزن، حيث يقوم العلماء بالاستفادة من هذه المعلومات لتطوير أنواعٍ جديدةٍ من العلاجات وأنواعٍ من التكنولوجيا.

التجربة الأولى

الهدف من التجربة: توضيح مدى قوّة الجاذبية الأرضية.

المواد المطلوبة:

1-ماء 2- دَلو ماءٍ له مِقبض.

إجراء التجربة:

1



املأ ثلاثة أرباع الدلو بالماء.

2

أمْسِك الدلو من المِقبـض ثم ابـدأ بــأرجحَتِه حـول جسـمك، بـدايةً من الأرض، ثم ارتَفِع إلى أعلى نحـو السـماء مُوجِّهاً ذراعك خلفك، سوف تشعر بأن الدلو يعيد وضع جسمك إلى مكانه مرةً أخرى.

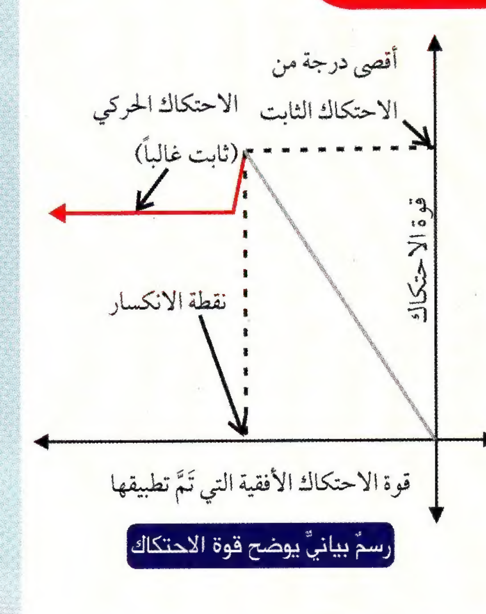
3

حاوِل الاحتفاظ بتساوي سرعة وحركة الدوران.

النتيجة: هل ظلَّ الماء في الدلو أم انسكب؟ إذا استطعْتَ المحافظة على سرعة وهدوء حركة الدوران في ذراعك، فإن الماء سوف يظل في الدلو بدون أية مشاكل. وبإمكانك طبعاً أنْ ترى أنَّ الماء لا يزال في الدلو، وما حدث كان بسبب قوة الجاذبية الأرضية، التي تعمل على جذب الماء نحو مركز الأرض. وعندما تتّجه فتحة الدلو إلى أسفل، ويبدأ مرةً أخرى بالاتجاه إلى أعلى نحو السماء، فإنَّ حركة الماء تُجبره على البقاء داخل الدلو، حيث أنه لن يستطيع الهروب منه.

قوّة الاحتكاك

Friction Force



رسمٌ بيانيٌ يوضح قوة الاحتكاك

قوة الاحتكاك هي القوة الناشئة عن القوة التي يمارسها سطحُ جسمٍ ما، عندما يَمُرُّ من خلال جسمٍ آخَر، أو عندما يَمرُّ من خلاله جسم آخَر. ويوجد على الأقل نوعان من قوة الاحتكاك هما: الاحتكاك الانزلاقي والاحتكاك الثابت. وعلى الرغم من أنّ هذا التقسيم ليس النموذجَ المتّبع، إلا أن قوةَ الاحتكاك غالباً ما تعارِض حركةَ الجسم، فعلى سبيل المثال: إذا قام أحد الأشخاص بأخذ كتابٍ ما، وجعَلَهُ ينزلِق على سطح أحد المكاتب، فإنّ سطح المكتب يقوم بممارسة قوّة الاحتكاك في الاتّجاه المعاكس لحركة انزلاق الكتاب. وَينتُج الاحتكاك من تلامُس سطحَين بعضهما ببعضٍ بشدةٍ، مما يُسبّب وجود قُوَى جذب بين جُزيئات هذين السطحين، أي بين جُزيئات كلٍّ من السطحين المختلفين. وبِناءً على ما ذُكر، فإنّ الاحتكاك يعتمد على طبيعة كلٍّ من السطحين، وعلى شدة درجة الاحتكاك بينهما.

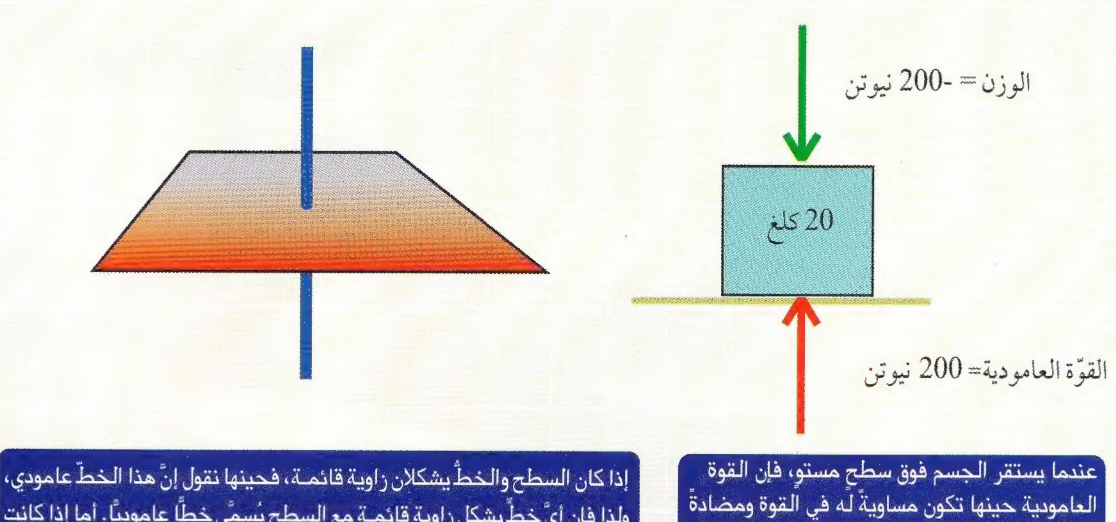


- تعتمد قوة الاحتكاك على طبيعة بُنية كلٍّ من السطحين.
- يعتمد الاحتكاك أيضاً على مقدار قوة الاحتكاك التي تَدفع كلا السطحين بعضهما لبعض (القوة العادية).
- تتناسب مقاومة الاحتكاك للحركة النسبية لكلٍّ من الجسمين الصّلبين، عادةً مع القوة التي تضغط أسطح الجسمين بشدةٍ إلى بعضهما البعض، وخُشونة الأسطح أيضاً لها عامل مُهمّ، حيث أنّ هذه القوة تكون عموديةً أو طبيعية على الأسطح التي تؤثر على مقاومة الاحتكاك، وتُسمّى هذه القوة غالباً بالقوة العادية، ويُشار إليها بالرمز N.
- تُعدّ عملية الاحتكاك -في الواقع- من الظواهر المعقّدة للغاية، والتي لا يمكن أن يتمّ التعبير عنها بأحد النماذج البسيطة، كما أن أيَّ حُكمٍ بسيطٍ يمكن أنْ يُطلقَه الإنسان على الاحتكاك، يقابله البعض غالباً بأمثلة مُحدّدة تُؤكّد عكس رأيه. وإذا بدَأنا القول بأنّ الأسطح الخَشِنَة تُعدّ أكثر عُرضةً للاحتكاك، فلن نكون

مخطئين، ويمكن لورقتين خشنتين مخصّصتين للصّنفرة إثبات ذلك، حيث سيكون من الصعب تحريك كل منهما فوق سطح الأخرى، مقارَنةً بورقتين ناعمتين. أمّا في حال تمّ تنعيم قطعتين من المعدن المسطَّح بشكل مُتتالٍ، فسوف تصل إلى نقطة تزيد فيها حركة المقاومة النسبية، ولكن إذا جعلتَ القطعتين مُسطَّحتين بدرجة كبيرة، بحيث أصبح لهما سطحٌ أملس، ثم قُمتَ بإزالة كل الشوائب التي على السطح باستخدام مكنسة شفّاطة، فإنّ السطحين الأملسَيْن سوف يلتصقان بعضهما ببعض بدرجة كبيرة، مُحدثَيْن ما يُعرَف بِاسم «اللحام البارد».

القوة العامودية

القوة العامودية هي تلك القوة الداعمة التي تمارَس فوق جسمٍ ما، والذي يكون على اتصال أو احتكاك بجسمٍ آخرَ ثابت، فعلى سبيل المثال: إذا كان هناك كتابٌ يستنِد إلى سطحٍ ما، فإنّ هذا السطح يمارس قوةً صاعدةً نحو الكتاب لكي يساند حجم هذا الكتاب، وفي معظم الحالات، يمارس أفقياً قوّة عاديّة بين جسمين متلامسين ببعضهما، فعلى سبيل المثال: إذا قام شخص ما بالاتكاء على الحائط، فإنّ هذا الحائط سيندفع أفقيّاً على هذا الشخص. وبالتّالي، فإنّ القوة الطبيعية على جسم ما سترتبط مع القوة التي يمارسها سطح جسم معيّن على سطح جسم آخر في ظل غياب أيّ قوة احتكاك بين السطحين. أمّا في الحالات البسيطة كاستناد جسمٍ ما على منضدة، فنجد أنّ القوة الطبيعية فوق هذا الجسم تكون مساويةً في الاتجاه المعاكس لقوة الجاذبية الموجَّهة نحو نفس الجسم، وفق المعادلة التالية: Fn=mg حيث تُشير m إلى الكتلة، وتُشير g إلى التسارع الحاصل نتيجةَ الجاذبية. أما Fn فهي القوّة العامودية.



عندما يستقر الجسم فوق سطحٍ مستوٍ، فإن القوة العامودية حينها تكون مساويةً له في القوة ومضادة له في الاتجاه.

إذا كان السطح والخطُّ يشكلان زاوية قائمة، فحينها نقول إنّ هذا الخطّ عامودي، ولذا فإن أيّ خطٍّ يشكل زاوية قائمة مع السطح يُسمّى خطاً عامودياً. أما إذا كانت هناك أية قوة ناشئة عن السطح، وتقع على زاوية قائمة مع هذا السطح، فإننا نُسمّي هذا الخط خطّاً عامودياً، في حين نسمّي أيّة قوة ناشئة عن السطح، وتعمل في نطاق زاوية قائمة مع هذا السطح « قوة عامودية».

التسارُع وشدّة المجال المغناطيسي
Acceleration & Magnetic Force

التسارع هو أحد أشكال الحركة حينما تتغير سرعة جسمٍ من الأجسام، إلى جانب كونه طريقةً يُمكن للمرء بها أن يقيس كيفية زيادة سرعة جسمٍ ما من الأجسام. ولنفترض مثلاً أنك تركب درّاجةً ولا تكاد تقوم بتحريك الدوّاسة، بعد ذلك بوقتٍ قصير ابدأ بتحريك الدوّاسة بأقصى سرعة.. يسمّى هذا الفعل «التسارع» أو زيادة السرعة. والآن وأنت تسير على سرعةٍ عادية، تَوَقَّف عن الضغط على الدوّاسة بهذه الصورة القوية، وقم بتشغيلها بشكلٍ طبيعي، ستجد نفسك لا تزال تتحرّك ولكن بدون أن تزيد سرعتك بأيّ حال من الأحوال.



والتعريف الرسمي لمفهوم التسارع هو: «مُعدَّل تغيُّر السرعة مقارنةً بالوقت»، فعندما تتغير سرعة جسمٍ ما، تأخذ سرعته في التسارع، حيث يُظهِر التسارع تغيُّر السرعة في وحدة من وحدات الزمن، وتُقاس السرعة بالمتر لكل ثانيةٍ أو ما يُشار إليه اختصاراً بالرمز (m/s)، وبالتالي فإنّ التسارع يمكن حسابه بالمتر لكل ثانية مربّعة، والتي يمكن أن تكون إيجاباً أو سلباً.

أما في علم الميكانيكا الكلاسيكية، فإن تسارع أي جسم ذي كتلة ثابتة يتناسب مع القوة الناتجة الموجَّهة إليه:

$$F = ma \rightarrow a = F/m$$

حيث تشير F إلى القوة الناتجة الموجَّهة إلى الجسم، وتُشير m إلى كتلة الجسم، وتُشير a إلى التسارع.

والآن هيّا نحاول الحصول على المعادلة الرياضية اللازمة لحساب التسارع.

افترض أنَّ جسماً ما يتحرّك على سُرعته الأولية (u)، ثم حصلَ على سرعة نهائية (v) في وقت ما (t)، تكون مُعادلة التّسارع لهذا الجسم كالآتي:

$$\text{التسارع} = \frac{\text{التغيّر في السرعة}}{\text{الوقت}} = \frac{v - u}{t}$$

القوة المغناطيسية

تُعرف القوة المغناطيسية بأنها القوة التي من خلالها تتمكن أنواع المغناطيس من جذب الأشياء نحوها. وبعبارة أخرى، فالقوة المغناطيسية هي القوة التي تقع بين قطبي المغناطيس، والتي يَنْتُج عنها المَغْنطة. ويُمكن تعريفُها بأنها القوة التي توجد بين اثنين من الجسيمات المتحركة المشحونة كهربائيًا.



القوة في قضيب مغناطيسي نموذجي

تتمثل القوة المغناطيسية في القضيب المغناطيسي كما هو الحال في الشكل الوارد أعلاه.

وتُقاس القوة المغناطيسية بالنيوتن، وتنشأ هذه القوة بين المواد بسبب الطريقة التي تتحرك بها الشحنة داخل الجسم المتصل بالآخَر. وعلى عكس المجال الكهربائي، فإنّ المجال المغناطيسي يوجد على هيئة شكلٍ ثنائيِّ القطب، وذلك لأن المجال المغناطيسي ينشأ من الحركة الناتجة عن جسمٍ مشحونٍ، وليس من الجسم ذاتِه مباشرة. ومن الممكن أيضاً أنْ يتمكن المجال المغناطيسي من استثارة التيار الكهربائي، أو يُعطي الفرصة لوجود مجال كهربائي، والعكس صحيح. ولهذا السبب، فإننا نستخدم مصطلحات مثل المغناطيسية الكهربائية. وتجدر الإشارة أنّ العلاقة الوطيدة بين المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي تُمثل أحد القوانين الأساسية في علم الفيزياء، فهي تساعدنا في القدرة على التنبُّؤ بتَفاعُلات الطاقة والمواد، لكي نتمكن من تصنيع أجهزةٍ تمكّننا من الاستفادة من نتائجها، الأمر الذي يصبّ في النهاية لصالح البشريّة. وقد تمكَّن هانز كريستان أورستيد في عام 1820م، من اكتشاف نقطة الوصل للمرة الأولى، عندما لاحظَ أن البوصلة تنحرف عندما يتمُّ وضعها بشكلٍ عشوائي بالقرب من سلك يمرُّ فيه تيار.

هانز كريستان أورستيد

التجربة الثانية

الهدف من التجربة: معرفة الاتجاهات على سطح الأرض باستخدام المغناطيس.

إجراء التجربة:

المواد المطلوبة:

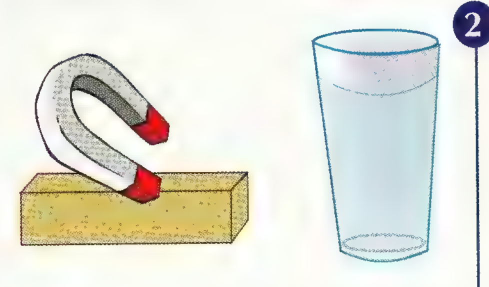
1- ماء 2- بوصلة حقيقية 3- قضيب مغناطيسي صغير مُسطَّح 4- آنية غير عميقة 5- قطعةٌ رفيعة من الخشب

1



املأ الكأس الزجاجيّة بالماء.

2



ضَع المغناطيس فوق قطعة الخشب، ثمّ قُمْ بوَضع الاثنين فوق مركز الكأس التي يوجد فيها الماء.

3



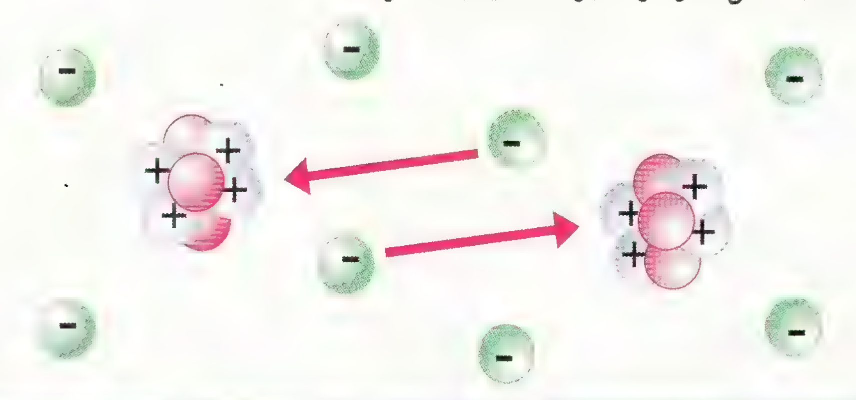
بمجرّد أن يتوقّف الخشب والمغناطيس عن الحركة، قُمْ بوضع البوصلة فوق مِنضدةٍ بجوار الكأس التي يوجد بها الماء، ثمّ قُمْ بفحص اتجاه المغناطيس.

النتيجة: يُمكن أنْ تَعرف من خلال هذه التجربة البسيطة اتجاه القطب الشمالي واتجاه القطب الجنوبي. وكوكبُنا الأرضي الكروي يُشبه إلى حدٍّ كبيرٍ مغناطيساً عملاقاً. ومن المعروف أنَّ مركز الأرض يتكوّن من الحديد المُسال، فكلّما دارت الأرض، كلما عَمِلَ الحديدُ عملَ المغناطيس مع القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

المغناطيس الكهربائي والقوّة المرنة

Electromagnetic & Elastic Force

تُشكّل قوة المغناطيس الكهربائي أحد مفاهيم الفيزياء التي تهتم بدراسة العلاقة بين الكهرباء والقوة المغناطيسية، وهي تُشير إلى نوع معيَّن من القـوة أو من التأثير الذي يقـع على الجُسيمات المشحـونة. وربـما تكون شُحـنة هذه الجسيمات موجَبة أو سالبة. وتُعدّ القوة التي يتمُّ نقلها بواسطة الفوتونات (الجسيمات الأولية) هي المسؤولة عن ضَمِّ الإلكترونات والبروتونات في ذرّة واحدة، وتقوم بـضَـمِّ الذرَّة مع غيرها داخل الجُزيء. ونحـن نتعامل مع القوة الكهرومغناطيسية يوميًّا في مجالات الحياة، حيث ترتبط هذه القـوة بـالمجالات الكهربـائية والمغناطيسـية، وهي المسؤولة عن البِنية الذرّية والتفاعلات الكيميائية، كما ترتبط القوة الجاذبة والطاردة بالشحنات الكهربائية، والقوة المغناطيسية، وكل الظواهر الكهرومغناطيسية الأخرى.



القوة الكهرومغناطيسية

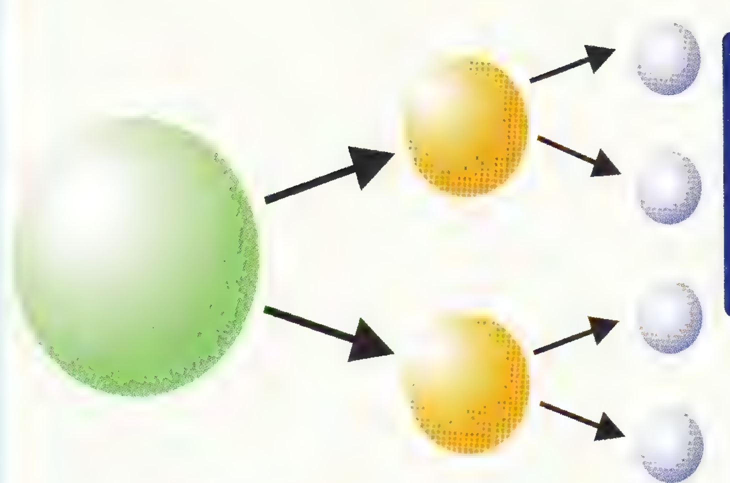
يُمكن ملاحظة القوى الكهرومغناطيسية في التفاعلات التي تحدث بين الذرات. وتحتوي الذرات على نواة ذات شحنة موجبة، تحيط بها سحابةٌ من الإلكترونات سالبة الشحنة. وتتحد الجزيئات مع بعضها البعض بواسطة القوة الكهربائية، التي تنحصر ضمن نطاق مُحدَّد، ويمكن أن تكون قوة جاذبة أو قوة طاردة كما يمكن أيضاً تفسير الآليّة التي تعمل بها التفاعلات الكيميائية من حيث القوة الكهرومغناطيسية على المستوى الذرّي.

القوة العالية

تتميز النواة موجبة الشحنة بحجمها الدقيق، حيث لا يتعدى حجمها واحداً من عشرة آلاف من حجم الذرة. وفي نفس الوقت، فنحن جميعاً نعرف أنّ الأجسام ذات الشحنات الموجبة هي أجسامٌ طاردة. ويُمكن أنْ نقوم بعملية حساب بسيطة على شحنتين موجبتين لنجد أنَّ قوةً تبلغ قدرتها 2 نيوتن توجد بينهما، فلماذا لا تتطاير الخلية؟ السبب في ذلك هو وجود قوة تمنعُها من ذلك هي القوة النووية القوية، وهي قوةٌ قصيرة المدى جداً.

القوة الضعيفة

وفي الوقت نفسه، تتواجد أيضاً قوة ضعيفة، وهذه القوة الضعيفة ذات مدى قصير جداً، يبلغ حوالي 10^{-15} متر. وهي المسؤولة عن انحلال شحنات البيتا السالبة والبيتا الموجبة في الذرة. ويعتقد بعض العلماء أنها نسخة من الطاقة الكهرومغناطيسية.



عالِم



جيمس كليرك ماكسويل

جيمس كلارك ماكسويل (13يونيو 1831م - 5 نوفمبر 1879م) هو أحد علماء الفيزياء النظريّة الإسكتلنديين. تتمثّل أهم إنجازات ماكسويل في توسُّعه في شرح المعادَلة الرياضية لنظريات مايكل فاراداي المتعلّقة بالكهرباء والخطوط المغناطيسية للقوة. وقد تمَّتْ قراءة أبحاثه التي دارت حول خطوط القوة في نظريات فاراداي أمام جمعية كمبردج الفلسفية في جزأين، وكان ذلك في عامَيْ 1855م و1856م.

وقد بيَّن ماكسويل أنَّ بعض المعادلات الرياضية البسيطة يُمكن أنْ تُعبِّر عن سلوك المجالات الكهربائية والمغناطيسية وعلاقاتها المتداخلة.

القوة المرنة

يُمكن أنْ تُرى القوّة المرنة عندما يقوم المرء ببسط شيء ما أو ضغطه. والقوة المرنة هي المسؤولة عن إعادة الزّنْبرك إلى قوته الطبيعية. ومن المعايير النموذجية للزنبرك أنْ يكون عديم الكتلة وعديم الاحتكاك وغير قابلٍ للكسر، ويمكن بَسْطه إلى مالا نهاية. ومثل هذه الأنواع من الزنبركات يمكن أن تُوَجِّه قوة تستطيع أن تدفع الأجسام عندما تنقبض، أو تجذب هذه الأجسام عندما تتمدّد بالتناسب، مع إزالة الزنبرك من وضع توازنه. وتعود المواد المَرِنة إلى شكلها الأصلي بعد أن تتغيّر وتتشكّل في صورٍ أخرى.

قانون هووك

يُخبرنا قانون هووك أنَّ القوة الناتجة عن جسمٍ مرنٍ كالزنبرك مثلاً، تعود إلى أوضاعها السابقة في طولٍ مساوٍ للطول الأصلي، والذي يكون ذا صلة بطول الزنبرك المشدود، ولكن في الاتجاه المعاكس. وبعبارةٍ أخرى، فإن هذا القانون قد بيَّن أنَّ قَدْر التشويه أو التغيير الذي يَحدث لأيٍّ من الأجسام المرنة، يتناسب مع القوة الموجَّهة لإحداث هذا التشوُّه. وكلما ازدادت القوة الموَجَّهة نحو الجسم المرن، كلما زادت كمية التشويه (الانبساط أو الانقباض). وكلما نقصت هذه القوة، كلما نقص حجم التشويه الناتج في الزنبرك. وينصّ قانون هووك على المعادلة التالية: $F=kx$



عندما يتم ضغط الزنْبُرك أو تمديده، يكتسب طاقةً مرنةً مُحتملَة.

حيث يَرمز F إلى القوة الموجّهة، ويرمز K إلى القوة الثابتة الكامنة في الزنْبُرُك، في حين يرمُز X إلى كمِّ التشَوُّه الناتج بالأمتار.

ولكي نحدّد إذا كان ما حدث للزنْبُرُك انقباضٌ أو انبساطٌ، فإننا نستخدم طريقة العلامات، فإذا انضغط الزُنْبُرُك، فإن x و F يجب أنْ يكونا سالبين (−)، وعندما يتمدد الزنْبُرَك، يجب أنْ يكونا موجَبَين (+).

زنبرك غير متمدّد

x

F

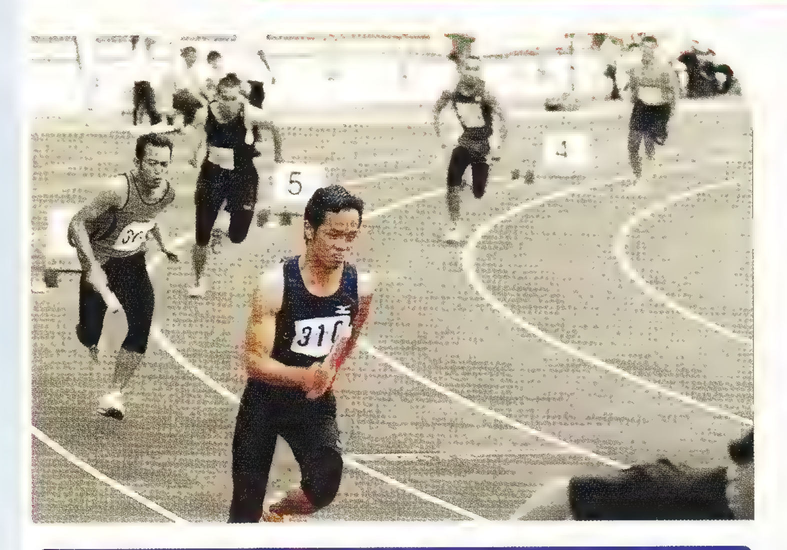
2x

2F

تمثيل بالرسم البياني يُبين قانون هووك.

الحركة الدائرية الموَحّدة
Uniform Circular Motion

يُشير مفهوم الحركة الدائرية الموَحَّدة إلى حـركة الجُسـيمات الممتدة على شكل قـوسٍ دائري، أو داخلَ دائرة بسرعة ثابتة. وأثناء حركة جسمٍ ما داخـل دائـرة، فإنـه يأخـذ في تغيـير اتجاهه بمُعدّل ثابت يتَحرّك فيه. وفي كل الحالات، فإنّ الجسـم يتحـرّك بـالتّماس أو بـالتّجاوُر مع الدائرة، حيث أنّ اتجاه سرعة القوة الموَجَّهة يدور في نفس اتجاه حركة الجسم. وتتحرّك سرعة القوة الموجَّهة بالتَّماس مع الدائرة أيضاً، وتظلّ المسافة بين الجسم ومركز الدَّوَران ثابتة طوال الوقت. وعلى الرغم من ذلك، فإنّ سرعة الجسم ثابتة، ولكنّ سرعة دورانه غير ثابتة، وهذا لأنَّ سرعة الجسم هي كميةٌ عدديةٌ دون الارتباط بالاتجاه. أمّا سرعة دورانه فهي كمية القوة المُوَجَّهة المتعلقة بالاتجاه، ففي حين يمكننا القول بأنَّ السرعة ربما تكون ثابتة على سبيل المثال بمقدار مترٍ واحد لكل ثانية، تكون السرعة المتعلِّقة بالاتجاه دائمة التغيُّر، وهذا لأن المرء لا يكُفُّ في كل لحظةٍ عن تغيير اتجاهه، في حال كان يتحرّك في طريق دائري. وبعبارة أخرى، فإنّ السرعة المتعلقة بالاتجاه تعتمد بشكلٍ أساسيٍّ على سرعة الجسم وحركة اتجاهه. وهذه السرعة المتغيّرة التي تُبيِّن وجود التسارع العادي والتسارع الناتج عن القوة المركزية الجاذبة نحو المركز، تتمتّع بشدة ثابتة وتتوجه طوال الوقت نحو محور الدوران. وفي المقابل، فإنها تَنتُج عن قوة مركزية جاذبة تتّسِم أيضاً بالثبات والشدّة وتكُون مُوجَّهةً نحو محور الدوران.



رياضيٌّ يجري في حركة دائرية، وهو بذلك لا يتوقف عن تغيير الاتجاه في كل لحظة.


لا تحتاج السيارة التي لا تتحرك في شكل دائريّ، أنْ تُغيِّر اتجاهَها بشكلٍ مستمرٍّ في الطريق الذي تسير فيه، ولكن التغيُّر يأتي عندما تتحول إلى طريقٍ ذي منحنًى دائري.

الحركة الدائرية غير الموحدة

الحركة الدائرية غير المَوَحّدة هي أيّةُ حالةٍ يتحـرك فيها الجسـم في طريق دائريٍّ له سرعـاتٌ مختلفـةٌ ومُتنوّعـة، ومن الأمثلة الواضحة على تطبيق الحركة الدائرية غير المَوَحّدة لعبـة الأفعوانية، وهي إحدى ألعاب التسلية المشهورة في العالَم. تتضمّن كل هذه الحالات حـركة جسـمٍ ما بـسرعة متنوعة في نطاق ممَرٍّ دائري.



تتحرك عربات لعبة الأفعوانية بشكلٍ أسرعكثيراً عند هبوطها، أكثر منها عند الصعود.

الطاقة الحركية

عند الحديث عن الحركة الدائرية غير المَوَحّدة، فإنّنا نتعرّض للحديث عن بـعض المفاهيم الفيزيائية المتعلقـة بها، مثل: الطاقة الحركية والطاقة الكامنة، وعلاقة كلٍّ منهما بالحركة. والطاقة الحركية لجسمٍ ما، هي الطاقة الزائدة أو الإضافية التي يمتلكها الجسم بسبب حركته.

وقد اشْتُقَّتْ كلمة Kinetic التي تعني «الحركة» من كلمة يونانية بمعنى «يتحرك». وكلمة طاقة تعني القدرة على الحركة، فكلّما تحرَّكَ الجسم بشكلٍ أسرع، كلما زادت كمية الطاقـة الحركية المتولّدة. وكلما كانت كتلة الجسم أكبر وسرعته أشد، كلما كانت الطاقة الحركية الناتجة أكبر. وعندما تزداد سرعة القطار عند اتجاهه إلى أسفل التّلِّ، أو عندما تبدأ عربات الأفعوانية بالهبوط من أعلى إلى أسفل، فإنّ الطاقة الكامنة تتحوّل إلى طاقة حركِيّة. وبطريقة مماثلة، عندما تبدأ هذه الأشياء بالصعود، فإن الطاقة الحركية بدورها تبدأ في التحـوّل إلى طاقـة جاذبـية كامنة. وبالتالي، فهناك طاقةٌ كامنة ضئيلةٌ في أسفل التلِّ أو لُعبة الأفعوانية، ولكن في المقابل هناك قدرةٌ كبيرةٌ من الطاقة الحركية، وتوجد أشكالٌ كثيرةٌ من الطاقة الحركية منها: الهزّاز والدائري والانتقالي. وتُعدّ الطاقة الحركية إحدى أنواع الطاقة المتعلقة بالحركة. والطاقة الحركية لجسم ما هي الطاقـة التي يمتلكُها هذا الجسم بسبب حركته، حيث يُشار إليها بالرمز (KE)، ويمكن توضيح ذلك بواسطة المعادلة التالية: $KE = (1/2)mv^2$، حيث تفسَّر KEبالطاقة الحركية (التي تُقاس بوحدة الجول)، وتُفسَّر m بـالكتلة (التي تُقـاس بـالكيلوغرام)، وتُفسَّر v بالسرعة (التي تُقاس بمقدار المتر الوارد مع كل ثانية).

الطاقة الكامنة

يتوافر حدوث الطاقة الكامنة متى وُجدَ جسمٌ له كتلةٌ، وكان في مكان ما داخل مجال من مجالات القوة. وبعبارة أخرى، يمكن القول أن الطاقة الكامنة هي الطاقة المختزنة في نظامٍ فيزيائي، كنتيجة لموقعها أو لوضعها النِّسبي في جُزيء من جُزيئات هذا النظام المختلفة. وفي بعض الأحيان نُطلق على القوة الكامنة: قوة الجاذبية الكامنة، لأنه يتِمُّ تحديدها في الغالب بواسطة الجاذبية. إنَّ قَذْف كرة في الهواء يُعدّ من الأمثلة الجيدة لمعرفة كيفية عمل الطاقة الحركية والطاقة الكامنة. وفي مثل هذا السياق لا يتوقف التبادل بين الطاقة الحركية والطاقة الكامنة.

ويمكن التعبير عن الطاقة المحتَمَلة بالمعادلة التالية:

PE=mgh، حيث يشير الرمز (PE) إلى الطاقة التي يتمُّ قياسها بوحدة الجول، بينما يُشير الرمز (m) إلى الكتلة التي يتمُّ قياسها بالكيلوغرام، ويشير الرمز (g) إلى درجة تَسَارُع جاذبية الأرض وهي 9.8 أمتار لكل ثانية مربّعة. أما الرمز (h)، فيشير إلى الارتفاع عن سطح الأرض والذي يتمّ قياسه عموماً بالأمتار.

أقصى درجة من الطاقة الكامنة
يقابلها أدنى درجة من الطاقة الحركية.

أقصى درجة من الطاقة الحركية
يقابلها أدنى درجةٍ من الطاقة الكامنة.

تتغير الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية، عندما تتحرك الكرة من أسفل إلى أعلى.

قوانين نيوتن للحركة
Newton's Laws of Motion

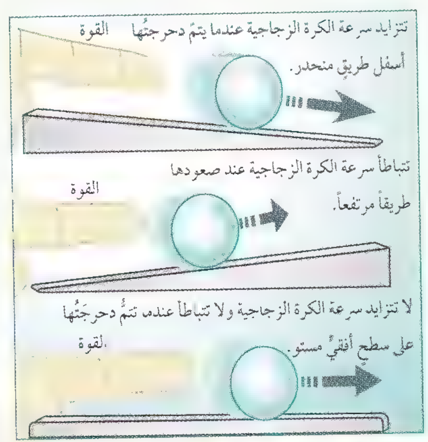

يقرر قانون نيوتن الأول أنّ كلّ جسم يظل في حالةٍ من السكون أو الحركة الموحّدة في خطٍ مستقيم، إلا إذا تمّ دفعه إلى تغيير هذه الحالة بأيّ نوعٍ من أنواع القوى، حيث تغيّر السيارة المتحركة خطّ سير حركتها بسبب نوعٍ ما من أنواع القوّى.

قوانين نيوتن للحركة هي ثلاثة قـــوانين فيزيائية وضعها العالم إسحاق نيوتن، تشكِّل الأساس لعلم الميكانيكا الكلاسيكية، حيث استُخدمت في تفسير العديد من الأنظمة والظواهر الفيزيائية.

ويتم التعبير عن هذه القوانين بِطُرقٍ متعددة ومختلفة منذ ما يزيد عن ثلاثة قرون.

القانون الأول

يتعامل القانون الأول مع القوى والتغيُّرات في السرعة. تَخَيَّلْ أنك تُوَجِّه قوةً واحدةً نحو جسمٍ واحد، فيمكنك مثلاً أنْ تدفع جسماً ما، إمَّا ناحية اليمين أو ناحية اليسار، ولكن ليس إلى ناحية اليسار واليمين في نفس الوقت، وليس إلى أعلى وأسفل في نفس الوقت، وهكذا. وتحت هذه الظروف، فإنّ القانون الأول ينُصُّ على أنه: «إذا لم يتم دَفْع جسمٍ ما أو سَحْبُه، فإن سرعته تظل ثابتة»، وهذا يعني أنه إذا كان جسمٌ ما يتحرّك إلى الأمام لا تُلامسُه قوةٌ من أي نوع، فإنّه سوف يستمر في الحركة إلى الأمام في خطٍّ كاملِ الاستقامة، وبسرعةٍ ثابتة، وهذا أيضاً يعني أنه إذا كان هناك جسمٌ ثابتٌ لا يتحرك ولا يتصل بأيِّ نوعٍ من أنواع القُوَى، فسوف يظل على حاله بلا حركة. وبالفعل، فإنّ الجسم الساكن هو حالةٌ خاصةٌ من الجسم الذي يحافظ على سرعة ثابتة، ومقدار سرعته يكون دائماً صفراً مع كل ثانية. والجدير بالذكر أنّ الحركة بحدّ ذاتها لا تتمكّن من التغيُّر بدون فعلٍ ناتجٍ عن قوةٍ غير متوازنة، ويسمَّى هذا القانون غالباً بقانون القصور الذاتي. وهذا معناه أنَّ هناك استعداداً طبيعيًّا لَدَى الأجسام بالاستمرار فيما هي عليه، فكلّ الأجسام ترفض التغيير في حالة حركتها. أما في حال غياب القوة غير المتزنة، فإن أحد الأجسام المتحركة سوف يحتفظ بحالة حركته.



بناءً على قانون نيوتن الأول، الكرة الزجاجية الصغيرة التي تتدحرج نحو الأسفل تكون مجبرة على الاستمرار في هذه الحركة.

التجربة الثالثة

الهدف من التجربة: رؤية حركة الأشياء وهي ساكنة.

إجراء التجربة:

المواد المطلوبة:

1- قطعةٌ معدنية 2- بطاقة تشبه البطاقة البريدية 3- وعاء

1 ضع القطعة المعدنية فوق البطاقة، ثم ضع البطاقة فوق الطرف المفتوح من وعاء الماء.

2 اسحب البطاقة بشكل سريع، ثم لاحِظ أثَر حركة العملة.

3 عندما يتم سحب البطاقة، فإن القطعة المعدنية تسقط بشكلٍ مُحكَمٍ في وعاء الماء.



النتيجة: تُوضِّح هذه التجربة أنَّ الجسم الساكن لديه استعدادٌ لأَنْ يستمرَّ في سكونه دائماً، في حين أن جَذْبَ البطاقة بسرعة يُبيّن أنَّ القطعة المعدنية تَمَّ تسريعها بشكلٍ منخفضٍ، ومن ثَمَّ، فإن قوة الاحتكاك بين البطاقة والقطعة المعدنية تكون كبيرة بما يكفي لتسريع العملة.

القانون الثاني

ينصّ القانون الثاني من قوانين نيوتن للحركة على أنَّ «الجسم تزداد سرعته مع الحركة المتسارعة المتناسبة مع القوة، ويتناسب عكسيًّا مع الكتلة».

وبناءً على هذا القانون، فإنّ التسارع في جسمٍ ما يعتمد على اثنين من المتغيرات هما: السرعة الخالصة المؤثِّرة في الجسم، وكتلة هذا الجسم. وبمعنى آخر، يعتمدتسريع الجسم بشكلٍ مباشرٍ على القوة الخالصة المؤثرة في هذا الجسم وعكسيًّا على كتلته.

وبما أنَّ القوة المؤثِّرة على الجسم تزداد، فإنّ درجة تَسارُع الجسم هي أيضاً في ازدياد. ويقوم هذا القانون بوصف ما يحدث عندما تكون القوة المؤثِّرة في الجسم غير متوازنة، حيث يُغيِّر الجسم سرعته (V) في اتجاه القوة المؤثِّرة فيه (F)، بنسبة تتناسب مع القوة، وتتناسب عكسيًّا مع الكتلة (m). ويتناسب مُعدَّل التغيُّر في السرعة مع مُعدّل القوة وأثرها على الكتلة، كما أنّ مُعدّل التغير في السرعة هو عملية التسارع.



بناءً على القانون الثاني من قوانين الحركة، فإن الكرة التي يقوم اللاعب بقذفها، سوف تتحرك طبقاً للقوة التي أطلقها اللاعب وكتلة الكرة نفسها.

القانون الثالث من قوانين نيوتن للحركة

ينصّ قانون نيوتن الثالث للحركة على أنّ «كلَّ فعلٍ له رَدُّ فِعْلٍ، مُساوٍ له في القوة، ومضادٌّ له في الاتجاه». ومعنى هذه الجملة أنه في حالة كل فعلٍ، يكون هناك قوّتان تؤثران في الجسمين المتفاعلين. وبالتالي، فإنّ حجم القوة على الجسم الأول يساوي حجم القوة على الجسم الثاني، واتجاه القوة على الجسم الأول يكون معاكساً لاتجاه القوة على الجسم الثاني. إنَّ قوة الطيران التي تتمتّع بها الطيور، تُعدّ من أفضل الأمثلة على قانون نيوتن الثالث المتعلّق بالحركة، حيث تقوم الأجنحة بدفع الهواء إلى أسفل، وفي المقابل يتفاعل الهواء بدفع الأجنحة إلى الأمام، كما أنّ حجم القوة على الهواء يساوي حجم القوة على الطائر، واتجاه القوة على الهواء التي تتجه إلى أسفل، يتحرّك بشكل معاكس لاتّجاه القوة على الطائر التي تتجه إلى أعلى.



يقوم الصاروخ ببذل جُهد لإحداث دفعة نحو الأسفل على غازات العادم. ووفقاً لقانون نيوتن الثالث للحركة، فإن الغازات تدفع الصاروخ دفعاً عكسيًّا، فإذا تخطّى هذا الدفع وزن المركبة، فإن الصاروخ ينطلق.

القوّة المحافِظة

Conservative Force

القوة المحافظة هي القوة العكسية، أي أن الأعمال التي يتم إنجازها باستخدام القوة المحافظة، يمكن استرجاعها. ويمكننا تعريف هذه القوة بأنها« القوة المُستخدَمة التي تتمُّ بها الأعمال وتتحرك بين نقطتين (أ) و (ب)، وتكون مستقلّةً عن الطريق الذي تقطعه بين النقطتين». ومضمون القُوَى المحافظة في هذا السياق هو أنَّ المرء يُمكنُه التحرك من نقطة (أ) إلى النقطة (ب) من خلال طريق، ويعود إلى (أ) من طريقٍ آخَر دون فُقدان الطاقة الخالصة. وأيُّ طريق مُغلَق للرجوع إلى (أ) سيستغرق جهداً قيمته صفر، بينما تكون القوة المحافظة مستقلة عن المسار الذي تتحرّك فيه.



تُعدّ الجاذبية أحد أشكال القوة المحافِظة.

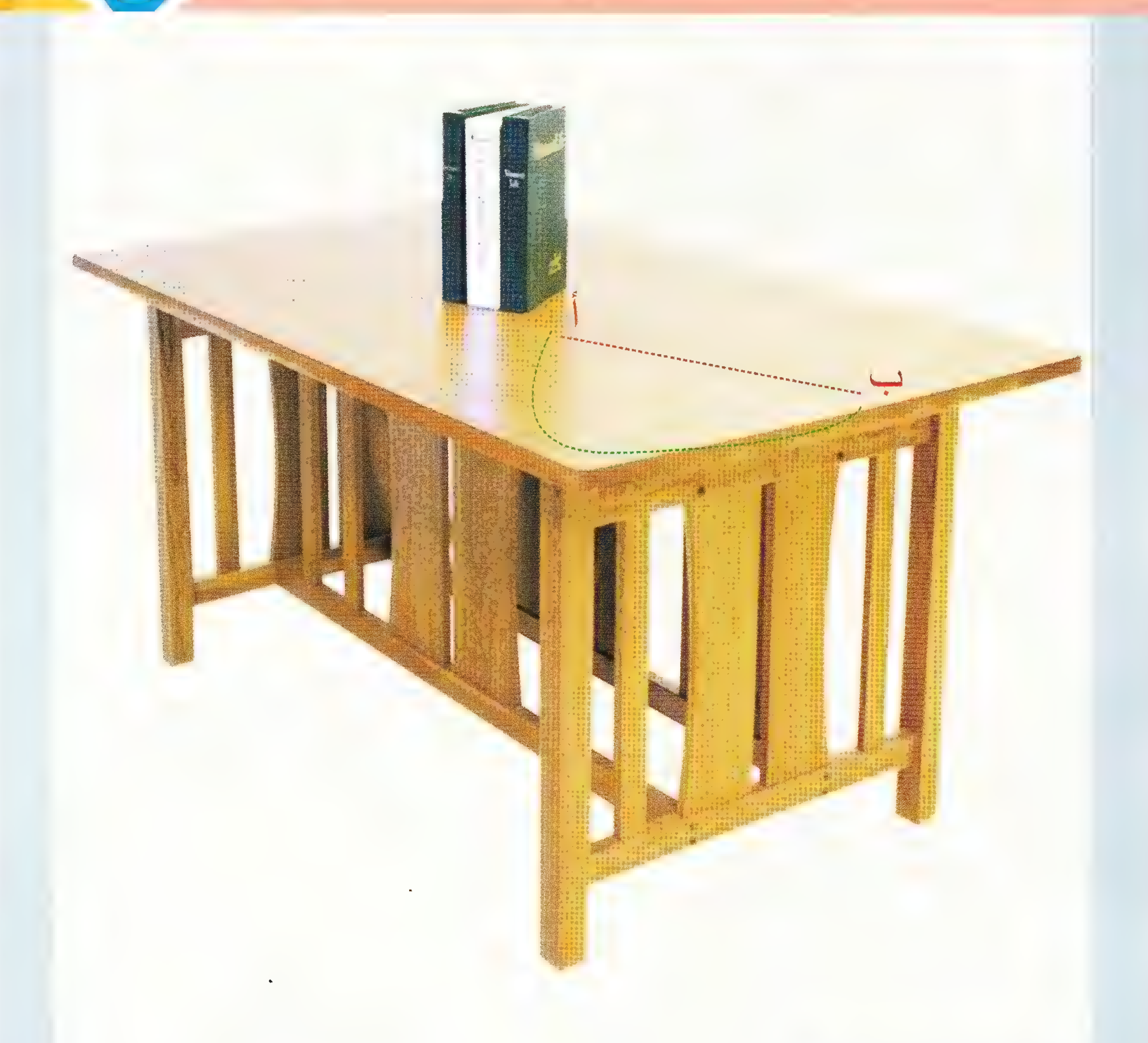
وبعبارة أخرى، عند تحريك جسمٍ من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)، تصبح كمية العمل التي تتمُّ مستقلةً عن المسار الذي يأخذه هذا الجسم، ويأتي مصطلح القوة المحافظة من واقع أنه عند وجود هذه القوة، فمن المحتمل رؤية تأثير هذه القوة خلال فترة التغيير في الطاقة الكامنة، مما يسمح بالمحافظة على الطاقة الميكانيكية.

تذكّر

- يَعتمد العملُ الذي يتم إنجازه باستخدام القوة المحافِظة على جُسَيمٍ ما يتحرك بين نقطتين على المسار الذي يأخذه هذا الجُسَيم.
- يساوي العمل الناتج عن قوةٍ محافِظةٍ التغيُّر السلبي في الطاقة الكامنة أثناء العملية.



بما أن طاقة الجاذبية هي طاقة محافظة، فإن العمل الناتج باستخدامها على جسمٍ ما، يعتمد فقط على تغيّره في الارتفاع.



القوة غير المحافظة

تُعدّ هذه القوة مخالفةً للقوة المحافظة، وبالتالي فإنّ العمل الناتج عنها يعتمد على المسار الذي يتبعه هذا العمل، فالاحتكاك على سبيل المثال يبذل جهداً أقلّ على الكتاب عند سحبه فوق الطاولة بشكل مستقيم أكثر من سحب الكتاب بشكل منحنٍ.

وتقوم هذه القوة بتحويل الطاقة من الجسم المتحرك، مثلها في ذلك مثل القوة المحافظة، ولكنها لا تقوم بتحويل هذه الطاقة إلى طاقة كامنة للنظام، لكي تقوم باستردادها أثناء الحركة المرتَدَّة.

عِوَضاً عن هذا، فإنّ القوة غير المحافظة تقوم بتحويل الطاقة في هذا النظام على شكل طاقة، لا يمكن استخدامها بواسطة القوة لتحويل الطاقة مجدّداً إلى الجسم المتحرّك. ومن الأمثلة على هذا النوع من القوة: الاحتكاك والضغط اللذان يحدثان في المواد غير المرنة.

قوّتا الجاذبيّة المركزيّة والطّرد المركزي

Centripetal & Centrifugal Force

المَدار

المحور

ω

قوة الجاذبية المركزية

السرعة

بعبارة بسيطة، يُمكننا القول بأنَّ قوة الجاذبية المركزيّة هي القوة التي تجعل جسماً ما، يتحرك في شكل دائرة، متحركاً نحو مركز هذه الدائرة. ومتى أصبح جسمٌ ما يتحرك في مسارٍ دائريٍّ، فحينها نعرف أنَّ هذا الجسم بدأ في التسارع لأن السرعة تبدأ في تغيير الاتجاه بشكلٍ مستمرٍّ وثابت، كما أنّ كل أشكال التسارع تحدث بسبب صافي القوة التي تؤثر في جسمٍ ما. أما في حالة الجسم الذي يتحرك في مسارٍ دائريٍّ، فإنّ صافي القوة هنا يكون قوة من نوع خاصٍّ يُطلَق عليها: قوة الجاذبية المركزيّة. ووفقاً لإسحاق نيوتن، فإنّ هذه القوة هي التي من خلالها يتمُّ جذب أجسامٍ أو دَفْعُها بأيّة طريقة نحو نقطة ما، باعتبارها مركزاً. وكلمة Centripetal هي كلمةٌ لاتينيةٌ تُشير في معناها إلى البحث عن المركز. ولذا، فإنّ قوة الجاذبية المركزية هي قوةٌ باحثة عن المركز، وهذا يعني أنَّ هذه القوة دائماً يتمُّ توجيهُها نحو مركز الدائرة، وسوف يستمرّ جسمٌ ما في حركة ذات خطٍّ مستقيمٍ بدون هذه القوة. وتجدر الإشارة أنه بدون قوة الجاذبية المركزيّة هذه، لا يتمكَّن أيُّ جسمٍ من الدَّوران في حركة دائرية، كما أنّ هذه القوة مهمّة جداً لكي يتمكن جسمٌ ما من الحركة في شكلٍ دائريٍّ. وتتحدّد شدة قوة الجاذبية المركزية على كتلة جسمٍ ما (m) يتحرك بسرعة معيّنة (v) على امتداد ممرٍّ نصف قطر دائري منحناه (r) على الشّكل التالي:

$$f=mv^2/r$$

أمّا في حالة الأقمار الصناعية، فتكون القوة الجاذبة المركزيّة متمثلة في الجاذبية. بينما تتحدّد القوة الجاذبة المركزية في حالة الجسم المربوط في نهاية حبل، بمقدار الجهد المبذول في الحبل.

قوة الطرد المركزي

إنَّ الجسم الذي يتحرّك في دائرة، يتصرّف كما لو كان تحت ضغط قوة تطرده إلى الخارج، وتُعرَف هذه القوة بقوة الطَّرد المركزي، وتَعتمد على كتلة الأشياء وسرعة الدَّوران والمسافة من المركز. وكلما زادت كتلة الجسم، كلما ازدادت هذه القوة، وأيضاً كلما بعُدت المسافة عن المركز، كلما زادت شدّة هذه القوة.

ويمكن القول بأنَّ قوة الطرد المركزي هي القوة الظاهرة التي تساوي وتُعاكس قوة الجاذبية في نفس الوقت، وهي أيضاً القوة التي تجذب الجسم الدوَّار بعيداً عن مركز الدَّوران، وتَنتُج هذه القوة عن القصور الذاتي لجسمٍ ما.



تتواجد قوة الطرد المركزي بشكل كبير في لعبة رَمْي المطرقة.

وفي بعض الأحيان، يُشار إلى قوة الطرد المركزي على أنها قوة وهمية، لأنها تكون موجودةً فقط لجسمٍ سريع الحركة أصلاً، ولا توجد في إطار يتَّسِم بالقصور الذاتي. وبهذا المعنى، فإنّ هذه القوة لا توجد أصلاً، ولكننا نشعر بها لأننا موجودون ضمن نظامٍ متناسقٍ لا يتّسِم بالقُصور الذاتي. إلا أنَّ ذلك يبدو حقيقيًّا لجسمٍ متحرّك، ذلك لأن الجسم ذاته يُعتقَد أنه في حالةٍ من عدم التسارع، في حين أنه في الواقع ليس كذلك. فعلى سبيل المثال، نجد الطفل الذي يركب أُرجوحةً، لا يشعر بأيّة نوعٍ من القوة الحقيقية الخارجية، ولكنه يجب أن يبذل جهداً لكي يبقى فوق الأرجوحة بدون أن يسقط. وهذا لأنّ قوة الطرد المركزي تبدو حقيقية للغاية، وهي غالباً ما تكون مفيدة للاستخدام كما لو كانت حقيقية. وكلما زادت كتلة الجسم، كلما ازدادت شدة هذه القوة. ولذا فإن



الطفل البالغ يستطيع البقاء فوق الأُرجوحة لمدة أطول من الطفل الصغير. وكلما زادت سرعة الدوران، كلما ازدادت القوة الخارجية. وكلّنا يعلم ذلك، حيث أنه يصبح من الصعب البقاء فوق الأرجوحة كلما زادت سرعتها بشدة.

الحركة الخطِّيّة
Linear Motion

الحركة الخطِّية هي الحركة التي تَحدث في خطٍّ مستقيمٍ أكثر من حدوثها في شكلٍ دائريٍّ حول محور، وهي أكثر أنواع الحركة أهمية. وتحت وطأة ظروف الحياة اليومية، نجد أنّ الجاذبية والاحتكاك يعملان معاً لجلب الأشياء إلى وضع السكون. وتُقاس الحركة الخطِّيّة في جزأين بأمرين اثنين، هما: السرعة والاتجاه، حيث يقوم الاثنان بتكوين السرعة. ومن الأمثلة على الحركة الخطية: الكرة التي يتمُّ قذفها على خطٍّ مستقيمٍ إلى أعلى، قبل أن ترتدّ بشكلٍ مستقيمٍ إلى أسفل. ووفقاً لقانون نيوتن الأول للحركة، فإنّ الأجسام التي لا تخضع لقوة معيّنة، تظل تتحرك بشكلٍ منتظمٍ في خطٍّ مستقيمٍ، وبشكلٍ غير مُحدَّد. وكما ذكرنا سابقاً، فإنّ العوامل الخارجية كالجاذبية والاحتكاك، سوف تجعل الأجسام تنحرف عن مساراتها المستقيمة، وتُجبرها على وضع السكون أو التوقف، فمقدار السرعة ومقدار التسارع يجب أنْ يوصَف كلُّ واحدٍ منها بأنه قوةٌ موَجَّهةٌ تتكون من جزأين هما: الشدة والاتجاه. وجزء الاتجاه من هذه القوة المَوَجَّهة هو نفس الحركة الخطية، بل هو أيضاً ثابت مثلها، ولا توجد هذه الخاصِّية إلا في الحركة الخطِّية.





هل تعلم؟

- السرعة الثابتة والسرعة الصفرية تعنيان أنَّ صافي القوة هو صفر، وأن مقدار التسارع هو صفر أيضاً.
- إنَّ منحنى وقت السرعة هو التسارع.
- تتغير الطاقة الحركية فقط في حال تغيّرت السرعة.

السرعة

السرعة هي قياس القوة المَوَجَّهة لمقدار واتجاه الحركة، أو بعبارةٍ أخرى هي مقدار واتجاه تغيُّر وضع جسمٍ ما. إنَّ مُوَجِّه شدة سرعة القوة المَوَجَّهة هو سرعة الحركة. وبطريقة حسابية، فإنّ السرعة هي أول مشتقات الوضع بالنسبة للوقت. أمّا النظام الدولي للوحدات التي تتعلّق بالسرعة فهو: «متر/ ثانية». والسرعة هي مقياس كيفية حركة جسمٍ ما من المكان الأصلي، بالإضافة إلى الاتجاه.

ولذا، فإن السرعة = $\frac{\text{الحجم المُزاح}}{\text{الزمن}}$

السرعة المتعلقة بالزوايا

تصف السرعةُ المتعلقة بالزوايا سرعةَ دوران وتوجُّه المحور الذي يَحْدُث حوله الدوران، فالسرعة الواقعة حول الزوايا التي تحدث في المِرْوحة، تكون أكبر بمراحـل عن تلك التي تَحْدُث للكرة الأرضية، إلا أنَّ شُعاع الأرض (نصف القطر) يكون أكبر بمراحلَ هائلةٍ من ريشة مِرْوحة السقف.

ويُمكن الحصول على هذه السرعة من الزوايا بأخذ حدٍّ ما عندما يكون فاصل الزمن صفراً. وبعبارةٍ أخرى، فإنّ السرعة الفورية لهذه الزوايا تساوي الإزاحة التفاضلية الأولى للزاوية، إذا تمَّ وضع الزمن بعين الاعتبار:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

وإذا طبَّقـنا هذا الكلام على مثال الكرة الأرضية والمروحـة، سـنجد أنّ الكرة الأرضية تدور حـول محورها مرةً واحدةً كل أربعٍ وعشرين ساعة. وهذه الدورة الكاملة تُقدَّر بـ $2\times\pi$ (نصف القطر). ولهذا، فإنّ سرعة الزوايا لدوران الأرض هي: $\frac{2\pi}{24}=\frac{\pi}{12}$

أي نصف القطر/ عدد الساعات $=15°$ في الساعة.

والآن لِنقُم بتطبيق ذلك على مروحة السقف، فإذا كانت المِرْوَحة تدور 30 دورةً في الدقيقـة، فإنّ سرعة الزوايا تساوي $2\times\pi\times30$، أي 60π، أي 60 شعاعاً في الدقيقة. وهذا يساوي:

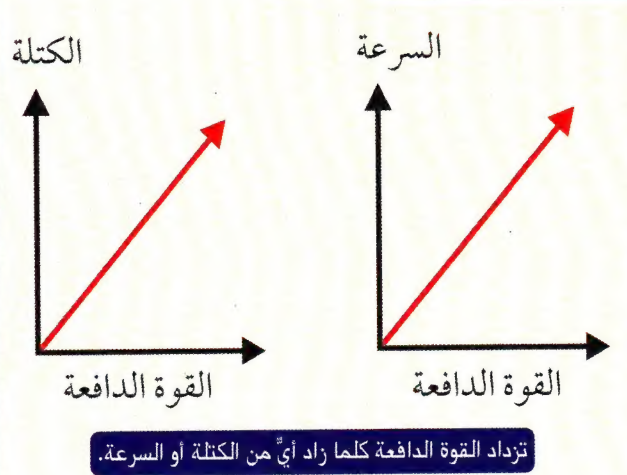
60π في الدقيقة × 60 دقيقة في الساعة = 3600π في الساعة = $648000°$ في الساعة.

إلا أنه على الرغم من سرعة الزوايا الكبيرة جدًّا، فإنّ أطراف حَدِّ مِرْوحة السَّقف تكون سرعتها الخطية أصغر من سرعة الأرض بكثير، وهذا يرجع إلى الاختلاف الشاسع في طول شعاع (نصف قطر) كلٍّ منهما.

القوّة الدافِعة
Momentum

تُعدّ القوة الدافعة أو ما يعرف بالزَّخَم من المفاهيم الصعبة نوعاً ما، حيث تشير إلى الأشياء المتحركة، وهي ناتجةٌ عن كتلة الجسم وسرعته.

ويُمكن تعريف القوة الدافعة بأنها كتلة جسمٍ ما أثناء حركته. ومن المعروف أن كل الأشياء لها كتلة ما، لذا فإنه إذا كان جسمٌ ما يتحرك، فبالطبع يمكن أنْ نقول حينها بأنَّ له قوةً دافعةً، وله كتلة في حالة حركة.



تزداد القوة الدافعة كلما زاد أيٌّ من الكتلة أو السرعة.

ويعتمد مقدار القوة الدافعة التي يمتلكها جسمٌ متحركٌ على مُتغيرَيْن اثنين، هما: حجم كتلة الجسم المتحرّك، ودرجة سرعة هذه الكتلة المتحركة.

وتعتمد القوة الدافعة على مُتغيّري الكتلة والسرعة. وفيما يتعلّق بالمعادلة، نجد أنّ القوة الدافعة لجسمٍ ما، تساوي كتلة هذا الجسم أثناء سرعته.

حساب القوة الدافعة

القوة الدافعة هي نتاج الكتلة والسرعة، أيْ أنها حاصل ضرب الكتلة والسرعة معاً.

القوة الدافعة (كلغ متر/ ثانية) = الكتلة (كلغ) × السرعة (متر/ ثانية).

القوة الدافعة في حياتنا اليومية

القوة الدافعة هي القوة التي تدفع سائق السيارة للضغط على فرامل (مكابح) السيارة لكي يوقفها، أكثر من الاكتفاء برفع قدمه من على دواسة البنزين، حيث أن السيارة في هذا الوقت تقوم بتكوين القوة الدافعة بشكل فعليّ، وسوف تستمر في الحركة للأمام بعد أن يرفع السائق قدمَه من فوق جهاز التسريع. وكلما زاد حجم كتلة الجسم، كلما زادت القوة الدافعة. لذا من الصعب أن يقوم المرء بإيقاف مقطورة جرَّارٍ، في حين أنه إذا أراد أن يقوم بإيقاف سيارةٍ صغيرة، فإنّ ذلك سيكون أسهَل بالطّبع.

كما أنّ قطارات الحمولات والبضائع تستغرق وقتاً للوقوف أطول من ذلك الذي تستغرقه قطارات الركــــاب.

وتساعدنا القوة الدافعة على فهم مواقف معينةٍ في الفيزياء مثل:

- الصدمات.
- الانفجارات.

التصادم والانفجار

نستخدم القوة الدافعة لكي نتمكن من تفسير أو فَهْم التصادم والانفجار. ولنبدأ أولاً بتوضيح الفارق بين الاثنين:

- عندما يقترب جسمان من بعضهما بشكلٍ ملاصقٍ، نُسمي هذا الوضع: تصادماً.
- أمّا عندما يتطاير هذان الجسمان عن بعضهما البعض، فإننا نطلق على هذا الوضع: الانفجار.

والمفهوم الأساسي الذي يجب فهمه هو أنَّ القوة الدافعة لا تحتفظ ولا تُزوَّد بأية قوةٍ خارجية.



تصادم سيارتين



انفجار قنبلة

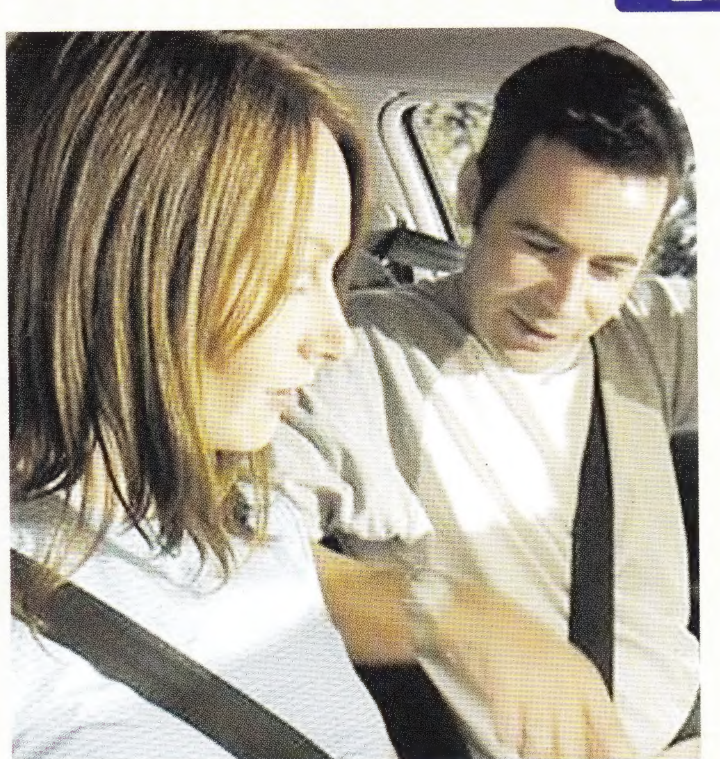
القوة والقوة الدافعة

تتّصِل القوّة والقوة الدافعة من خلال هذه المعادلة البسيطة:

القوة (نيوتن (بالثواني))= التغيُّر في القوة الدافعة (كلغ (م/ ث))/ الوقت المستغرَق لحدوث التغيير (بالثواني)،

حيث يسمّى التغيير في القوة الدافعة بالدافع.

القوة الدافعة وأمان الطريق



لا يقتصر دور القوة الدافعة في أنها أظهرت لنا أهمية أحزمة المقاعد في السيارات فقط، ولكنها أوضحت لنا أيضاً الكثير من المفاهيم التي تمّ على أساسها تصنيعُ معظم السيارات في وقتنا الحالي.

إذا كُنتَ في سيارة على وشَكِ التوقّف، وليس لديك أي حزام أمان تربطه، فإنّ القوة الدافعة سوف تجعلك تستمر في القيادة بنفس السرعة التي كنت تسير بها قَبل دقائق معدودة، حتى تصطدم بجسمٍ صُلب مثل عجلة القيادة أو الزجاج الأمامي. وفي هذه الحالة، يكون عليك إما أن تُصاب بجروحٍ خطيرة أو مُميتة.

إنّ حزام المقعد يقوم بمنعك من الارتطام بجسم السيارة، ويَقيك من هذه الجروح. ولهذا السبب، فإنّ شُرطة المرور تجعل ربط الأحزمة إجباريًّا، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى إنخفاض نسبة الوَفِيّات في حوادث السيارات.

وعند حدوث الصدام في السيارة، نجد التغيير في القوة الدافعة يظل مستمرًّا دائماً. ولو استطَعْنا أن نُقلّل من وقت تغيير القوة الدافعة، فإنّ القوة المَوَجَّهة نحو الأشخاص الموجودين داخل السيارة سوف تقلّ، وبالتالي سيقلّ عدد الإصابات أيضاً.

واليوم، نجد السيارات قد تَمّ تصميمها لكي تتجعَّد في حالة الاصطدام، ممَّا يزيد الوقت الفاصل لتغيُّر القوة الدافعة، كما تمّ أيضاً إدخال وسائل أمان أخرى مثل: الوسادات الهوائية، التي من شأنها أن تُساعد في منع الإصابات الناتجة عن الارتطام بعجلة القيادة.

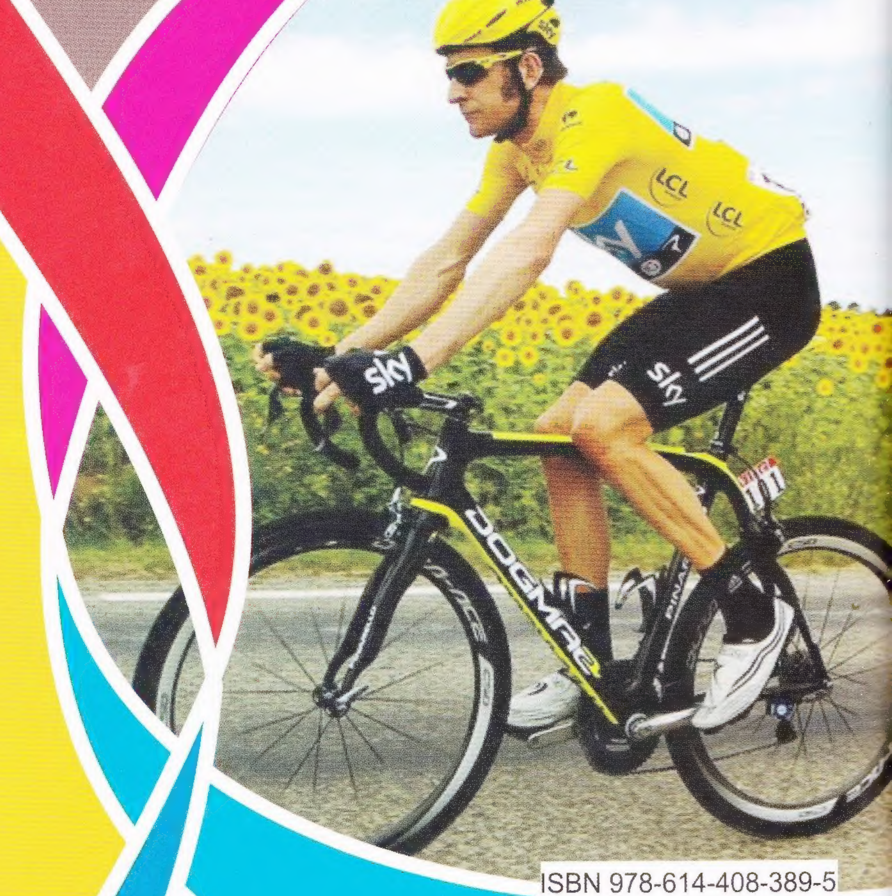
إلى جانب ذلك، تُجرى في الوقت الحالي أبحاث كثيرة ذات تكلفة عالية للتأكد من أنه إنْ لم تكن محظوظاً كفايةً وتعرَّضْتَ لحادثِ سَيرٍ فإنّ احتمالات النجاة تتلخص في أنك ستنهض وتتابع سَيرَك.

أريد أن أعرف عن القوّة والحركة

تشكّل العلوم واحدة من أهمّ المواد التعليميّة الأساسية التي يحتاج المرء إلى التعرّف عليها وفَهمها والإحاطة بها في كل وقت ومكان للتخصُّص والإلمام بكثيرٍ من مجالات الحياة المُختلفة، وهي على أهمّيتها لا تخلو من التّعقيدات والصّعوبات التي توصِل الفرد إلى مرحلة الإرباك - في بعض الأحيان - نظراً للكمّ الهائل من المفاهيم والحقائق الذي تتضمّنه.

من هنا، تتناول هذه السّلسلة جميع أشكال العلوم المعروفة من فيزياء وكيمياء وتكنولوجيا... إلخ، بطريقة مُبسّطة وشيِّقة لا تقتصِر على توضيح الأفكار والمعلومات التي تتضمّنُها فحَسْب، بل وتُسهّل عملية الفَهم والإدراك لدى القارىء أيضاً.

كلّ هذا من خلال صُورٍ شيّقةٍ وإيضاحاتٍ هامّةٍ وتجاربَ حيّة تُخرِج بعض المفاهيم العلمية من الإطار النّظري الضيِّق.



تتضمَّن هذه السِّلسلة:

- الطيران
- الإنسان الآلي
- جسم الإنسان
- الأرض
- القوّة والحركة
- المواد الكيميائية
- الحرارة
- التكنولوجيا
- تكنولوجيا النانو
- الصوت
- المحيطات والأنهار
- الجبال
- الزلازل والبراكين

ISBN 978-614-408-389-5





Learning
Riyadh, Tel: 966-1-4623049
Beirut, Tel: 961-1-856656